

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 196 45 636 C 1

61 Int. Cl. 8:
H 05 K 7/00
H 05 K 7/20
H 05 K 5/00
// H05K 9/00

21 Aktenzeichen: 196 45 636.3-34
22 Anmeldetag: 8. 11. 96
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 12. 3. 98

DE 196 45 636 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072
Heilbronn, DE

72 Erfinder:

Bäuml, Hermann, 92318 Neumarkt, DE; Leicht,
Günter, Dipl.-Ing., 96047 Bamberg, DE; Geiger, Kurt,
Dipl.-Ing., 90480 Nürnberg, DE; Schuch, Bernhard,
Dipl.-Phys., 91616 Neusitz, DE; Kilian, Hermann,
Dipl.-Ing., 91456 Diespeck, DE

58 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 05 793 A1
DE 39 42 392 A1
DE-OS 14 89 684

54 Leistungsmodul zur Ansteuerung von Elektromotoren

57 Beschrieben wird ein Leistungsmodul zur Ansteuerung von Elektromotoren, das einen integrierten Aufbau mit folgenden Funktionseinheiten aufweist: eine Leistungseinheit mit einer auf der Oberseite eines Substrats angeordneten, Leistungs-Halbleiterbauelemente aufweisenden Schaltungsanordnung, eine von einem Kühlmedium durchströmte Kühleinheit, die einen als Einfügeteil ausgebildeten Kühlkörper mit strukturierter Oberfläche aufweist, auf den die Unterseite des Substrats direkt aufgebracht ist, eine Ansteuereinheit mit auf einem Trägerkörper angeordneten Halbleiterbauelementen, der parallel und beabstandet zum Substrat der Leistungseinheit angeordnet ist, Kontaktstifte zwischen dem Substrat der Leistungseinheit und dem Trägerkörper der Ansteuereinheit zur Verbindung und Kontaktierung der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit mit den Halbleiterbauelementen der Ansteuereinheit, einen Gehäusekörper, der die Leistungseinheit und die Ansteuereinheit umschließt, zwei parallel zum Substrat der Leistungseinheit und zum Trägerkörper der Ansteuereinheit nach außen durch den Gehäusekörper hindurchgeführten Stromschienen zur Versorgung der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit und aus dem Gehäusekörper herausgeführten, mit der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit und/oder den Halbleiterbauelementen der Ansteuereinheit verbundenen Anschlußschienen zum Anlegen von Steuerungssignalen zur Ansteuerung des Leistungsmoduls und/oder zum Abgreifen von Ausgangssignalen des Leistungsmoduls.

DE 196 45 636 C 1

Leistungsmodul zur Ansteuerung von Elektromotoren werden vielfältig eingesetzt beispielsweise zur Drehzahl- und Leistungsregelung der Elektromotoren; ein Leistungsmodul für Motorsteuerungen wird beispielsweise in der DE 43 05 793 A1 beschrieben. Derartige Leistungsmodul bestehen aus einer Leistungseinheit, die eine Schaltungsanordnung mit Halbleiterbauelementen, insbesondere integrierte Schaltkreise (ICs) als Leistungsschalter, ein eigenes Gehäuse und Anschlüsse für die Spannungsversorgung, für Ausgänge (Ausgangsspannung) und für Eingänge (Ansteuerung) aufweist, aus einem separaten Kühlkörper, auf dem die Leistungseinheit zur Wärmeabfuhr, insbesondere der Leistungsschalter aufgebracht ist, und aus einer separaten Ansteuereinheit zur Ansteuerung der Leistungseinheit. Die Auswertung der Ausgangsspannung des Leistungsmoduls erfolgt in der Regel mittels einer ebenfalls separaten Verarbeitungseinheit.

Bei der Herstellung des Leistungsmoduls wird zunächst die Leistungseinheit als Standard-Baugruppe gefertigt, indem die Halbleiterbauelemente der Schaltungsanordnung auf ein Substrat aufgebracht werden, das Substrat auf eine Trägerplatte gelötet wird und das Gehäuse und die Anschlüsse angebracht werden. Diese Leistungseinheit als Standard-Baugruppe wird mittels ihrer Trägerplatte auf den separaten Kühlkörper aufgebracht (in der Regel über eine Zwischenschicht, beispielsweise mittels einer Wärmeleitpaste) und mit diesem verschraubt; die getrennt von der Leistungseinheit auf einem geeigneten Substrat (beispielsweise einer Leiterplatte) aufgebrachte Schaltungsanordnung der Ansteuereinheit wird an die Leistungseinheit angeschlossen (in der Regel mit dieser verschraubt). Aufgrund der aufbaubedingten massiven Zuleitungen zwischen Leistungseinheit und der Spannungsversorgung sowie zwischen Leistungseinheit und Ansteuereinheit ist aus EMV-Gründen eine zusätzliche Kompensationseinheit mit einer Vielzahl von Halbleiterbauelementen (Spulen, Kondensatoren) erforderlich. Oftmals muß auch der Kühlkörper noch mit einer weiteren Kühleinheit (Flüssigkeitskühlung) zum Abführen der Verlustleistung verbunden werden.

Ein derartiger Aufbau des Leistungsmoduls bedingt folgende Nachteile:

- Der Wärmewiderstand ist durch den internen Aufbau der Leistungseinheit (Substrat, Trägerplatte), die Zwischenschicht zwischen Leistungseinheit und Kühlkörper und den separat montierten Kühlkörper bedingt, so daß ein schlechter Wärmeübergang, insbesondere zwischen den Halbleiterbauelementen (Leistungsschaltern) der Leistungseinheit und dem Kühlkörper gegeben ist.
- Durch den getrennten Aufbau der einzelnen separat gefertigten Bestandteile bzw. funktionalen Einheiten des Leistungsmoduls und durch die erforderlichen Leitungsverbindungen zwischen den funktionalen Einheiten ist ein großer Flächen-/Volumen- und Gewichtsbedarf gegeben, womit auch hohe Kosten verbunden sind.
- Es ist ein hoher Schaltungsaufwand (Vielzahl von Halbleiterbauelementen, Flächenbedarf, Kosten) für die Kompensationseinheit erforderlich.
- Die Verbindung zwischen dem Kühlkörper und der weiteren Kühleinheit ist aufwendig und oftmals nur mit schlechtem Wärmekontakt realisierbar.

Bei dem aus der DE 43 05 793 A1 bekannten Leistungsmodul für Motorsteuerungen sind die Halbleiterbauelemente des Leistungsteils (der Leistungseinheit) und des Steuerteils (der Ansteuereinheit) auf getrennten, übereinander angeordneten Trägerkörpern aufgebracht. Der Leistungsteil weist ausschließlich gehäusete Halbleiterbauelemente auf, die mit ihrer Gehäuse-Unterseite auf einem ersten Trägerkörper einseitig angeordnet sind; der Steuerteil weist auf einem zweiten Trägerkörper einseitig oder beidseitig angeordnete Bauelemente auf. Die beiden Trägerkörper sind über die Anschlußpins der gehäuseten Halbleiterbauelemente des Leistungsteils miteinander verbunden.

Des weiteren wird in der DE 39 42 392 A1 ein Aufbau für eine Fahrzeugkontrolleinheit beschrieben, bei der drei Schaltungsplatten übereinander angeordnet und in einem gemeinsamen Gehäuse integriert sind.

Schließlich ist aus der DE-OS 14 89 684 ein Halbleiterbauelement mit Flüssigkeitskühlung bekannt, bei dem das Halbleiterbauelement auf einem Montagefuß angeordnet ist; dieser Montagefuß weist einen Hohlraum und zwei Bohrungen auf, die der Aufnahme und Zufuhr bzw. Abfuhr der Kühlflüssigkeit dienen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Leistungsmodul zur Ansteuerung von Elektromotoren mit einem kompakten Aufbau anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die einzelnen funktionalen Einheiten werden beim vorgestellten Leistungsmodul kompakt zusammengefaßt angeordnet, vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäusekörper integriert, indem

- die Halbleiterbauelemente der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit auf ein geeignetes Substrat aufgebracht werden und dieses Substrat direkt auf einen Kühlkörper mit optimierter Oberfläche aus einem gut wärmeleitfähigen Material aufgebracht und mit diesem durch Lötens (beispielsweise mittels Weichlot) verbunden wird.
- der Kühlkörper als Einfügeteil ausgebildet wird und direkt in die (Gesamt-) Kühleinheit des Leistungsmoduls integriert werden kann.
- die Ansteuereinheit in einer separaten Ebene parallel und beabstandet zum Substrat mit der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit auf einen Trägerkörper aufgebracht wird, wobei die Halbleiterbauelemente der Ansteuereinheit einseitig oder beidseitig auf dem Trägerkörper angeordnet werden können und mit der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit durch senkrecht angeordnete Kontaktstifte (Verbindungsbahnen oder Stege) kontaktiert werden; optional kann bei einem einseitigen Anbringen der Halbleiterbauelemente der Ansteuereinheit auf die Oberseite des Trägerkörpers auf der dem Substrat zugewandten Unterseite des Trägerkörpers eine metallische Platte als zusätzlicher Träger zwecks EMV-Abschirmung und Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit (beispielsweise für den Einsatz in Kraftfahrzeugen) vorgesehen werden.
- in einer weiteren Ebene parallel und beabstandet zum Trägerkörper (oberhalb des Trägerkörpers) der Ansteuereinheit oder auf der Ebene der Ansteuereinheit optional weitere funktionale Einheiten zur Realisierung zusätzlicher Funktionen

(beispielsweise Strommessung, Signalverarbeitung) vorgesehen werden.

Das Leistungsmodul vereinigt mehrere Vorteile in sich:

- einen kompakten Aufbau mit geringem Flächen-Volumenbedarf und geringen Kosten.
- eine Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen den Halbleiterbauelementen der Leistungseinheit und dem Kühlkörper durch direkte Kühlung der Halbleiterbauelemente und Integration des Kühlkörpers in die Kühleinheit.
- eine Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer der Halbleiterbauelemente der Leistungseinheit und damit des Leistungsmoduls.
- aufgrund von symmetrischen und minimalen Leitungslängen der Verbindungsleitungen ist für die Kompensationseinheit nur ein minimaler Schaltungsaufwand zur Korrektur der Streuinduktivitäten erforderlich.

Das vorgestellte Leistungsmodul wird im folgenden anhand der Zeichnung mit den Fig. 1 und 2 für ein Ausführungsbeispiel, eines Umrichters zur Ansteuerung drehstromgetriebener Elektromotoren, beschrieben.

Hierbei zeigt die Fig. 1 ein Schnittbild und die Fig. 2 eine Draufsicht des Leistungsmoduls.

Gemäß den Fig. 1 und 2 werden die Halbleiterbauelemente der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit 1 jeweils für eine Halbbrücke HB (Zweigpaar) getrennt auf einem DCB-Substrat 13 ("direct copper bonding": Keramikträger 131 zwischen zwei Kupferschichten 132, 133) mittels Lötung aufgebracht und mittels Bonddrähten 12 kontaktiert; beispielsweise sind als Halbleiterbauelemente einer Halbbrücke HB jeweils zwei IGBT-Transistoren 11 als Leistungsschalter zur Ansteuerung des Elektromotors und vier Dioden vorgesehen. Die Umrichterfunktion wird (wie aus Fig. 2 ersichtlich) mittels Parallelschaltung der Halbbrücken HB1, HB2 bzw. HB3, HB4 bzw. HB5, HB6 realisiert (für jede Phase je zwei Halbbrücken); hierdurch ist ein induktionsarmer und symmetrischer Aufbau der Zweigpaare gegeben, wobei die erforderliche Stromtragfähigkeit des Leistungsmoduls durch die Parallelschaltung zweier (ggf. auch mehrerer) DCB-Substrate 13 erreicht wird.

Die DCB-Substrate 13 werden direkt auf einen als Einfügeteil ausgebildeten Kühlkörper 21 (bsp. aus Kupfer) aufgebracht, der in die Kühleinheit 2 eingefügt wird und das Oberteil der Kühleinheit 2 darstellt; die Oberfläche des Kupfer-Kühlkörpers wird durch Rippen 211 vergrößert. Der untere Teil der Kühleinheit 2 wird durch eine Halbschale 22 (beispielsweise aus Aluminium) gebildet, in die das Kühlmedium 23 (bsp. Wasser) durch die Einlaßöffnung 221 einströmt und durch die Auslaßöffnung 222 ausströmt. Die Montagefläche der Halbleiterbauelemente der Leistungseinheit 1 ist damit in direktem Kontakt zum Kühlmedium 23 der Kühleinheit 2, so daß die Halbleiterbauelemente der Leistungseinheit 1 direkt über die Kupfer-Montagefläche 133 des DCB-Substrats 13 gekühlt werden. Hierdurch entsteht ein guter Wärmeübergang und eine gute Kühlung der Halbleiterbauelemente, insbesondere der Leistungsschalter (IGBT-Transistoren 11) der Leistungseinheit 1.

Oberhalb des DCB-Substrats 13 der Leistungseinheit 1 ist in minimalem senkrechten Abstand die auf einem Trägerkörper 31 angeordnete Ansteuereinheit 3 vorgesehen; die Halbleiterbauelemente 32 der Ansteuerein-

heit 3 zur Ansteuerung der Leistungseinheit 1 werden beispielsweise beidseitig auf einer Leiterplatte als Trägerkörper 31 angeordnet. (Bei einer einseitigen Anordnung der Halbleiterbauelemente 32 auf der Oberseite 33 des Trägerkörpers 31 kann auf der Unterseite 34 des Trägerkörpers 31 eine metallische Platte vorgesehen werden, die eine gute Abschirmung zur Leistungseinheit 1 und eine gute mechanische Fixierung bewirkt).

Die Kontaktierung der Ansteuereinheit 3 erfolgt mittels als Verbindungsschienen ausgebildeten Kontaktstiften 51, die bsp. auf das DCB-Substrat 13 der Leistungseinheit 1 aufgelötet werden. Die direkte Verbindung zwischen der Leistungseinheit 1 und der Ansteuereinheit 3 minimiert die Streuinduktivitäten und die Anzahl der Halbleiterbauelemente einer Kompensationseinheit; durch die senkrechte Anordnung der Kontaktstifte 51 ist eine parallele und symmetrische Kontaktierung mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften realisierbar.

Zur Spannungsversorgung der Halbleiterbauelemente 11, 32 von Leistungseinheit 1 und Ansteuereinheit 3 sind zwei vollflächige Spannungsversorgungsschienen 55, 56 mit isolierender Zwischenschicht und vertauschbarer Polarität (+/-) vorgesehen, die an einen Zwischenkreis-Kondensator 71 (Kompensationsbauelement) angeschlossen sind; die Kontaktierung der Anschlüsse der Halbleiterbauelemente 11, 32 mit diesen Spannungsversorgungsschienen 55, 56 erfolgt bsp. mittels Lötung.

Auf dem Trägerkörper 31 der Ansteuereinheit 3 sind zusätzliche Halbleiterbauelemente zur Realisierung weiterer funktionaler Einheiten 4 angeordnet; beispielsweise die Realisierung einer Strommessung über Stromwandler-Elemente 41 einschließlich einer Signalverarbeitung des Ausgangssignals der Leistungseinheit 1. weiterhin kann eine separate Auswerteeinheit 72 zur weiteren Signalverarbeitung vorgesehen werden.

Die (symmetrische) Zusammenführung der in verschiedenen Ebenen angeordneten funktionalen Einheiten Leistungsmodul 1, Ansteuereinheit 3 und weitere funktionale Einheiten 4 erfolgt mittels senkrechter Anschlußschienen 52, 53, 54, die die Ausgänge R, S, T des Leistungsmoduls bilden.

Die Leistungseinheit 1, die Ansteuereinheit 3 und die weiteren funktionalen Einheiten 4 des Leistungsmoduls werden in ein gemeinsames Gehäuse 61 integriert, aus dem die Anschlußschienen 52, 53, 54 als Ausgänge R, S, T und die Stromschienen 55, 56 herausgeführt werden. Zusätzlich kann ein Gehäuserahmen 62 vorgesehen werden (bsp. ein Kunststoff-Gehäuserahmen), der zur Halterung der Stromschienen 55, 56 und als Begrenzung für eine Passivierung der funktionalen Einheiten Leistungsmodul 1, Ansteuereinheit 3 und weitere funktionale Einheiten 4 (beispielsweise mittels Silicon-Geöl) dient.

Patentansprüche

1. Leistungsmodul zur Ansteuerung von Elektromotoren, bestehend aus:

- einer Leistungseinheit (1) mit einer auf der Oberseite (132) eines Substrats (13) angeordneten, Leistungs-Halbleiterbauelemente (11) aufweisenden Schaltungsanordnung,
- einer von einem Kühlmedium (23) durchströmten Kühleinheit (2), die einen als Einfügeteil ausgebildeten Kühlkörper (21) mit strukturierter Oberfläche aufweist, auf den die Unter-

seite (133) des Substrats (13) direkt aufgebracht ist,

— einer Ansteuereinheit (3) mit auf einem Trägerkörper (31) angeordneten Halbleiterbauelementen (32), der parallel und beabstandet zum Substrat (13) der Leistungseinheit (1) angeordnet ist,

— Kontaktstiften (51) zwischen dem Substrat (13) der Leistungseinheit (1) und dem Trägerkörper (31) der Ansteuereinheit (3) zur Verbindung und Kontaktierung der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit (1) mit den Halbleiterbauelementen (32) der Ansteuereinheit (3),
— einem Gehäusekörper (61), der die Leistungseinheit (1) und die Ansteuereinheit (3) umschließt,

— zwei parallel zum Substrat (13) der Leistungseinheit (1) und zum Trägerkörper (31) der Ansteuereinheit (3) nach außen durch den Gehäusekörper (61) hindurchgeführten Stromschienen (55, 56) zur Versorgung der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit (1),

— senkrecht zum Substrat (13) der Leistungseinheit (1) und zum Trägerkörper (31) der Ansteuereinheit (3) aus dem Gehäusekörper (61) herausgeführten, mit der Schaltungsanordnung der Leistungseinheit (1) und/oder den Halbleiterbauelementen (32) der Ansteuereinheit (3) verbundenen Anschlußschienen (52, 53, 54) zum Anlegen von Steuersignalen zur Ansteuerung des Leistungsmoduls und/oder zum Abgreifen von Ausgangssignalen (R, S, T) des Leistungsmoduls.

2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäusekörper (61) weitere funktionale Einheiten (4) angeordnet sind.

3. Leistungsmodul nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als weitere funktionale Einheiten (4) eine Strommeßeinheit und/oder eine Auswertereinheit vorgesehen sind.

4. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren funktionalen Einheiten (4) auf mindestens einem weiteren Trägerkörper angeordnet sind, der (die) parallel und beabstandet zum Trägerkörper (31) der Ansteuereinheit (3) angeordnet ist (sind).

5. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren funktionalen Einheiten (4) auf dem Trägerkörper (31) der Ansteuereinheit (3) angeordnet sind.

6. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf beiden Oberflächenseiten (33, 34) des Trägerkörpers (31) Halbleiterbauelemente (32, 41) angeordnet sind.

7. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nur auf der dem Substrat (13) der Leistungseinheit (1) abgewandten Oberflächenseite (33) des Trägerkörpers (31) Halbleiterbauelemente angeordnet sind.

8. Leistungsmodul nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Substrat (13) der Leistungseinheit (1) zugewandten Oberflächenseite (34) des Trägerkörpers (31) eine metallische Platte angeordnet ist.

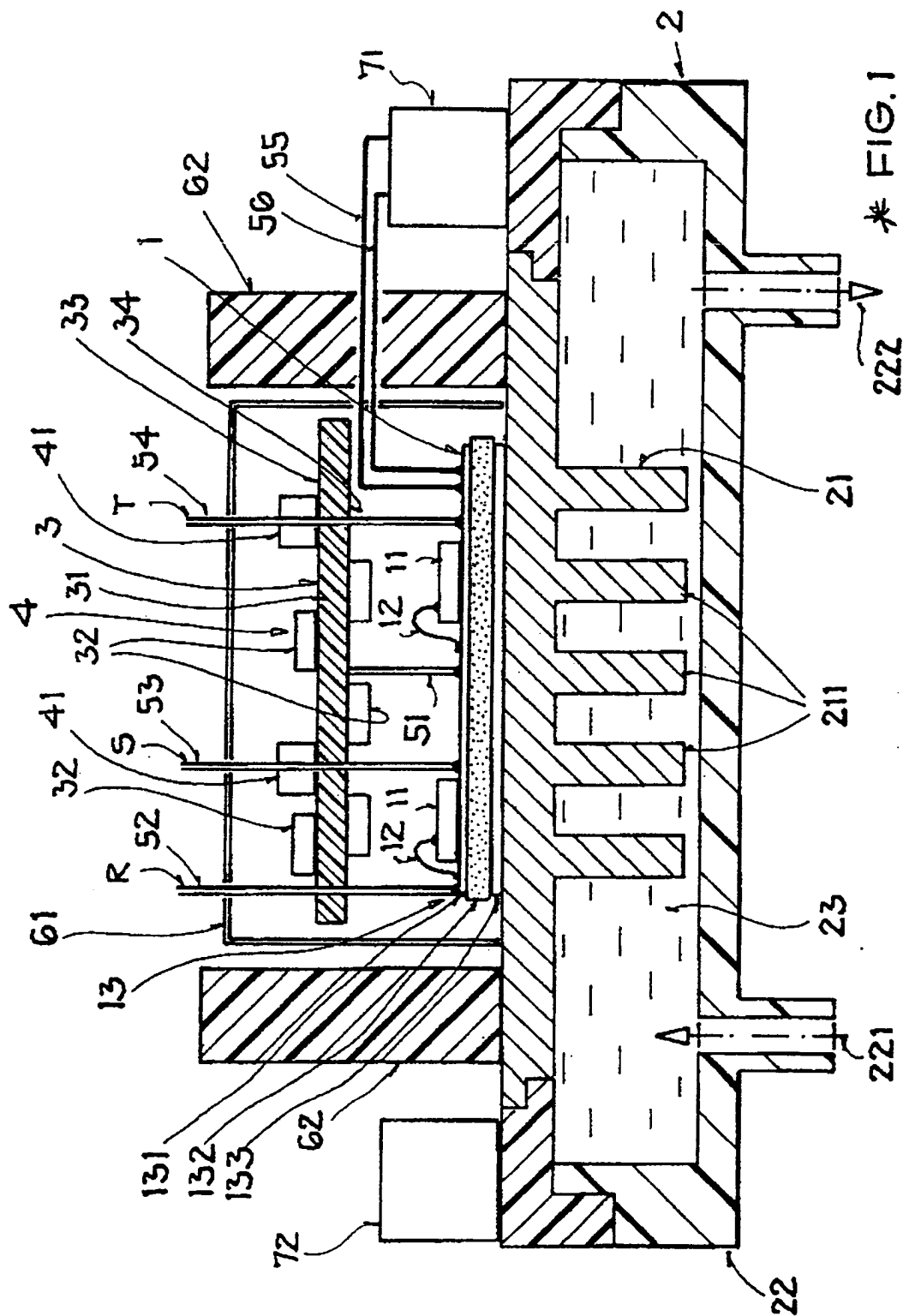
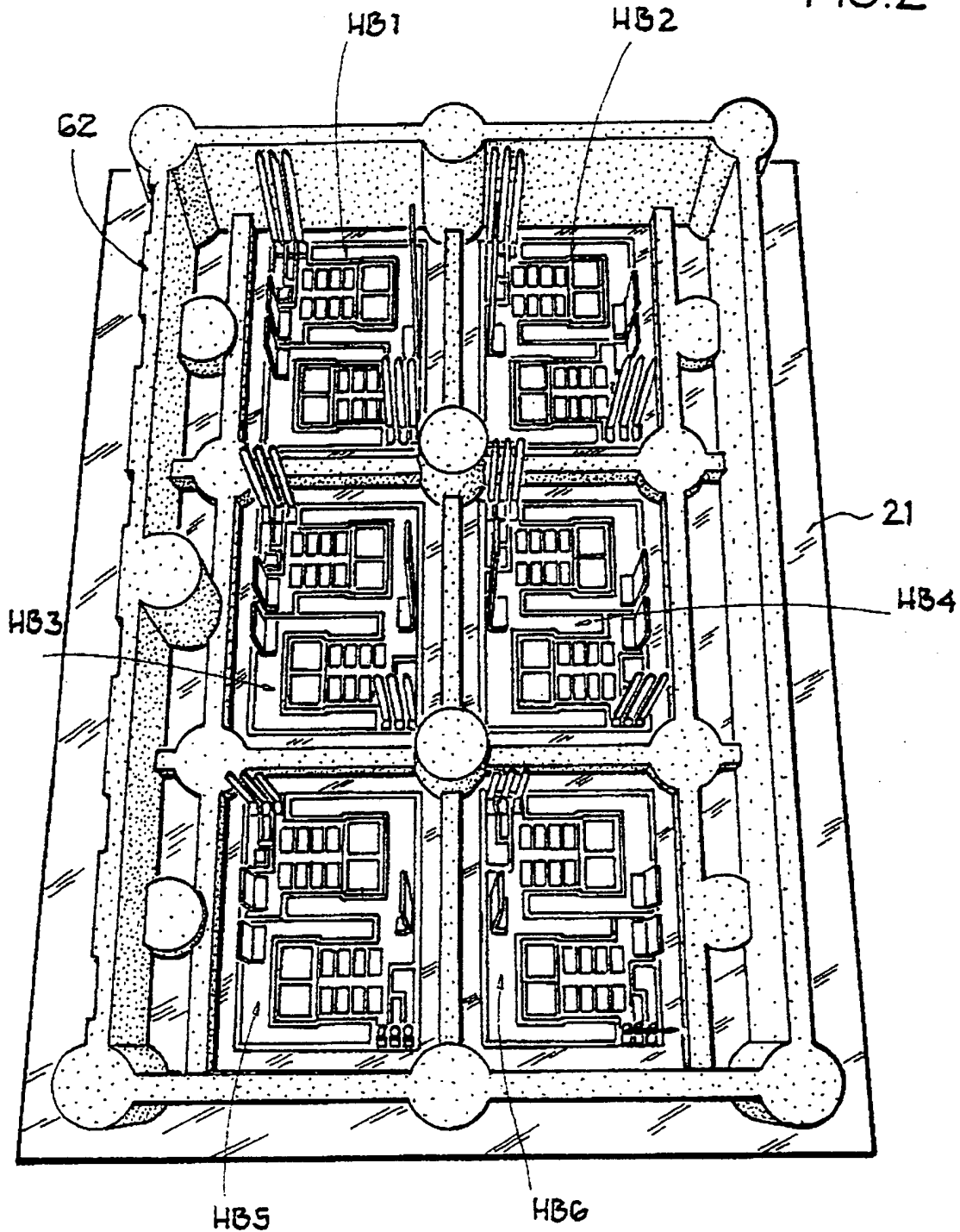


FIG. 2



Docket # MMH-12015

Applic. # _____

Applicant: Martin Hierholzer

702 171/245

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101